



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

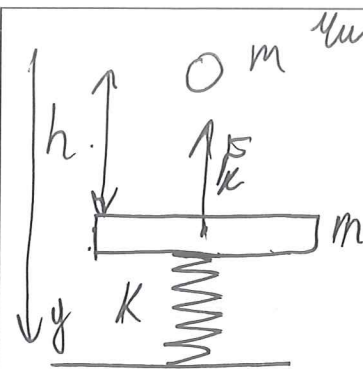
по физике
профиль олимпиады

Тарихановова Аиша Саидовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
Аиша

73-65-35-80
(1.4)



Числовой №1.1.1. (Числовой)
ЗСЭ для шарика:
 $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$ ⊕

ЗСЭ для системы двух пружинок и шарика:

$$mgh = \frac{2mU^2}{2} + Q$$

ЗСУ для пружины и шарика:

II 3-й закон Ньютона на ось OY для пружины:

$$ma_s = F_m - F_k$$

F_m - сила со стороны шара
 F_k - со стороны пружины

II 3-й закон Ньютона по OY для шарика:

$$ma_m = F_m \Rightarrow F_m = -ma_m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mds = ma_m - F_k \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \frac{dv_s}{dt} = -m \frac{dv_m}{dt} - F_k \quad (\times dt \Rightarrow)$$

$$\Rightarrow m dv_s = -m dv_m - F_k dt, \text{ суммируем, что } dt - \text{взаимодействующее тело}$$

$$m \int dv_s = -m \int dv_m \Rightarrow mU = m(v - U) \Rightarrow$$

$$v \Rightarrow 2U = v \Rightarrow U = \frac{v}{2} \oplus$$

U - скорость с которой поедут пружинки и шарик.

$U = \frac{v}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$. Найдём всю энергию системы:

$$W = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{2mU^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + mU^2, x_0 = \frac{mg}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W = \frac{(mg)^2}{2k} + mU^2$$

II 3-й закон Ньютона по ось OY для новой системы пружин и шар после удара на OY:

$$2m\ddot{y} = 2mg - Ky, \text{ где } y - \text{смещение от положения равновесия, где пружинки не растянуты.}$$

Решение
Воспользуемся законом сохранения энергии

15	2	3	4	5	Σ
15	20	12	20	19	86

$$2m\ddot{y} + ky - 2mg = 0 \Rightarrow \ddot{y} + \frac{k}{2m}y - g = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \text{Чистовик} \\ \text{X} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{2m}x = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \text{X} \\ \text{Y} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$x = y - \frac{2mg}{k} \Rightarrow \ddot{x} = \ddot{y}$$

$$\Rightarrow \frac{2m}{k}\ddot{x} + x = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{2m}x = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{2m}} \Rightarrow x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y - \frac{mg}{k} = A \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0) + \frac{2mg}{k}$$

$$\dot{y}(0) = u = -A\omega \sin(\varphi_0) = -A\omega \sin(\varphi_0)$$

Найдём амплитуду скорости, скорость будет максимальной, когда пружина будет нерастянута $\Rightarrow v = \frac{m v_{\max}}{2} = \frac{(mg)^2 + m u^2}{2k} \Rightarrow$

$$\Rightarrow A\omega = v_{\max} = \sqrt{\frac{mg^2}{k} + 2u^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{mg^2}{k} + 2u^2 \right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{g^2}{2} + 2u^2 \right)} \Rightarrow$$

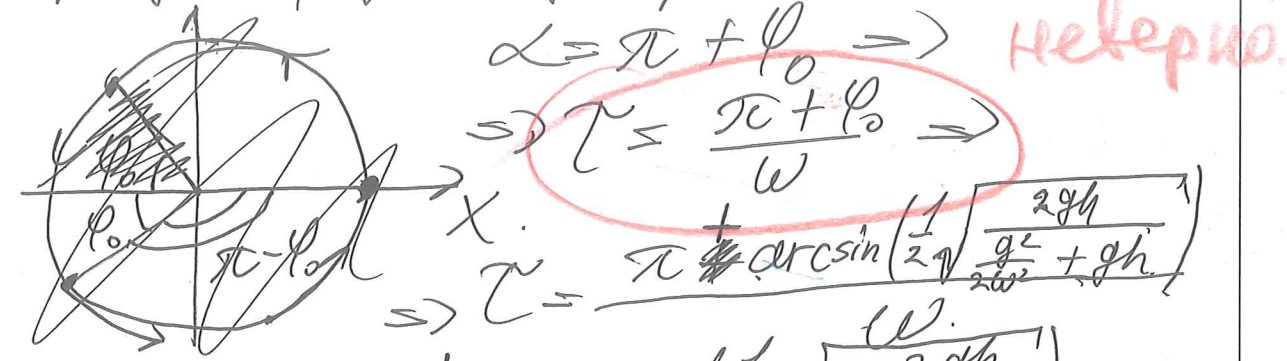
$$\Rightarrow A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh} \quad \text{амплитуда колебаний} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ найдём начальную фазу φ_0 :

$$u = -A\omega \sin \varphi_0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = -\frac{u}{A\omega} = -\frac{u}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh}}$$

$$\sin \varphi_0 = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh}} \quad \text{как видно из рисунка отрицательный}$$

Нарисуйте фазовую диаграмму для колебаний:



$\alpha = \pi + \phi_0 \Rightarrow$ **нелогично**

$\Rightarrow \tau = \frac{\pi + \phi_0}{\omega} \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau = \frac{\pi + \arcsin\left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2gh}{\omega^2 + gh}}\right)}{\omega}$

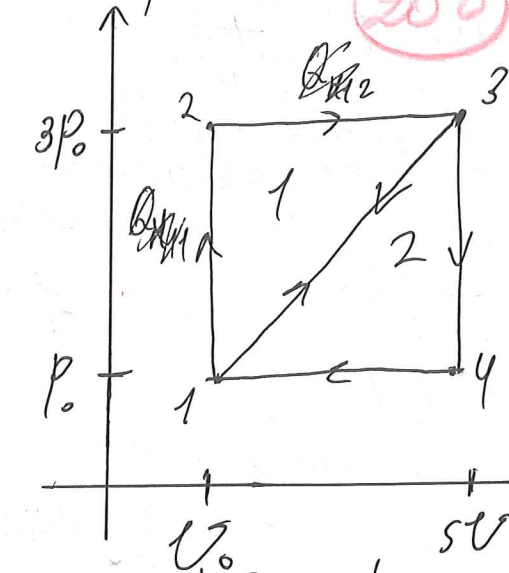
$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{10^2 + 10 \cdot 0,2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4}{4}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$

$\arcsin\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \tau = \frac{\pi + \frac{\pi}{6}}{\omega} \Rightarrow$

$\phi_0 = \frac{\pi}{6}!$ $\tau = \frac{4\pi}{3\omega} \Rightarrow \tau = \frac{4\pi}{15}$ **ответ неверный**

продолжение на стр. 3W.



$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \sqrt{R} I_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot 2 \rho_0 U_0 = 3 \rho_0 U_0$

$Q_{2-3} = \frac{5}{2} \sqrt{R} I_{2-3} = \frac{5}{2} \cdot 12 \rho_0 U_0 = 30 \rho_0 U_0$

$|Q_{3-1}| = \frac{3}{2} \sqrt{R} I_{3-1} + A_{3-1} = 14 \rho_0 U_0$

$I = \frac{3}{2} (15 \rho_0 U_0 - \rho_0 U_0) + 2 \rho_0 U_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow |Q_{3-1}| = 21 \rho_0 U_0 + 2 \rho_0 U_0 = 23 \rho_0 U_0 \Rightarrow$

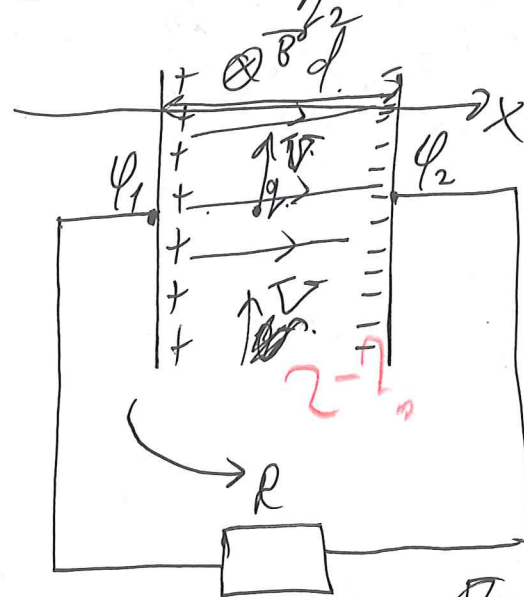
$h_1 = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3} - Q_{3-1}}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{30 \rho_0 U_0 + 3 \rho_0 U_0 - 23 \rho_0 U_0}{33 \rho_0 U_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow h_1 = \frac{4}{33}$ **всегда выполняется Менделеев-Клайперн: $PV = \nu RT$**

Для 2-го случая: $Q_{H-3} = \frac{3}{2} \sqrt{R_1 T_{1-3}} + A_{1-3} \Rightarrow$
 $\Rightarrow Q_{H-3} = \frac{3}{2} \cdot 14 p_0 V_0 + 8 p_0 V_0 = 29 p_0 V_0$
 $|Q_{X3-4}| = \frac{3}{2} \cdot (15 p_0 V_0 - 5 p_0 V_0) = 15 p_0 V_0$
 $|Q_{X4-1}| = -\frac{5}{2} \sqrt{R_1 T_{4-1}} = -\frac{5}{2} \cdot 4 p_0 V_0 = -10 p_0 V_0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow h_2 = \frac{Q_{H-3} - |Q_{X3-4}| - |Q_{X4-1}|}{p_0 V_0} = \frac{29 - 15 - 10}{29} = \frac{4}{29}$

$$\Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{4}{33} \cdot \frac{29}{4} = \frac{29}{33}$$

Ответ: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{29}{33}$



3.3.1. (Чистовик)
 В установившемся режиме $F_{Ex} + F_{Vx} = 0$
 то есть силы на элементарный заряд в жидкости по оси X уравновешены:

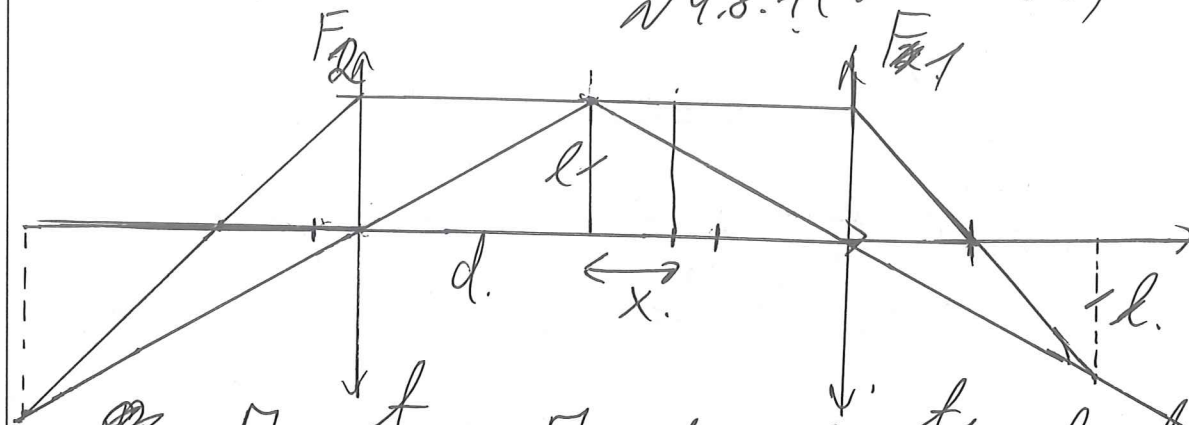
$$\left. \begin{aligned} F_{Vx} &= -qVB \\ F_{Ex} &= q \cdot E \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

II 3-й Кютока для элементарного заряда в потоке $-qVB + qE = 0 \Rightarrow E = VB \Rightarrow U = E \cdot d = VBd$
 в потоке обозначениях $V = \vec{v}$ - скорость потока в жидкости
 Таким образом $\phi_1 - U = \phi_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \phi_1 - \phi_2 = U = VBd$ - разность потенциалов на резисторе.

$$P_m = \frac{U^2}{R} \Rightarrow \frac{(UBd)^2}{R} = P_m \Rightarrow d = \frac{\sqrt{RP_m}}{UB} \quad \text{Чистовик}$$

$$\Rightarrow d = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 0,007B}}{0,1 \frac{A}{C} \cdot 1Tn} = \frac{0,02}{0,1} = 0,2 \mu \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = 20 \mu. \quad \text{Ответ: } d = 20 \mu. \quad \sqrt{4.8.1} \text{ (Чистовик)}$$



$$\text{Пер } \Gamma = \frac{f}{d} \Rightarrow \Gamma_1 = 1 \Rightarrow 1 = \frac{f_1}{d} \Rightarrow f_1 = d.$$

$$\Gamma_2 = 3 = \frac{f_2}{d} \Rightarrow f_2 = 3d.$$

Формула тонкой линзы для 1-й линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{2}{d} \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}.$$

Формула тонкой линзы для 2-й линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2(1 + \frac{1}{3}) = d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_2 = \frac{3}{4}d$$

Нужно ~~так~~ $\Gamma_1 = \Gamma_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{f_1}{d-x} = \frac{f_2}{d+x}, \text{ где } x - \text{смещение.}$$

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d-x} = \frac{1}{d} \Rightarrow f_1 = \frac{1}{\frac{1}{d} - \frac{1}{d-x}}$$

Ф-ла т. линзы для 2-й:

$$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d+x} = \frac{1}{3d} \Rightarrow f_2 = \frac{1}{\frac{1}{3d} - \frac{1}{d+x}}$$

Чистовик

$$\Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{4}{3}d - \frac{1}{3}\right)(d-x)} = \frac{1}{\left(\frac{4}{3}d - \frac{1}{3}\right)(d+x)} \Rightarrow$$

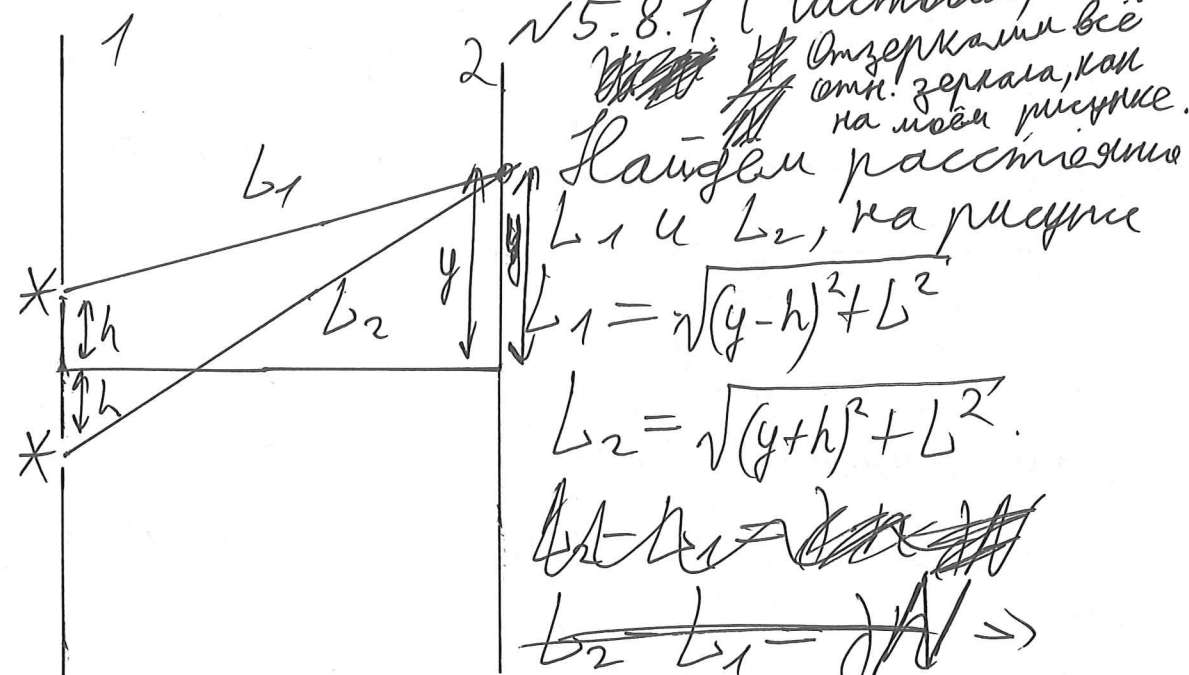
$$\Rightarrow \frac{4}{3} \frac{d+x}{d} - 1 = \frac{4}{3} \frac{d-x}{d} - 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3}d + \frac{4}{3}x = 2(d-x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2d - \frac{4}{3}d = \frac{4}{3}x + 2x \Rightarrow \frac{2}{3}d = \frac{10}{3}x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{5}d = \frac{25 \text{ см}}{5} = 5 \text{ см.} \oplus$$

Ответ: $x = 5 \text{ см}$ ~~справа~~



$$\Rightarrow L_2 - L_1 = \lambda N, \text{ если возьмем } y = h,$$

то $L_2 - L_1 = \lambda N$ выполняется $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \sqrt{(H+h)^2 + L^2} - \sqrt{(H-h)^2 + L^2} = \lambda \cdot N \Rightarrow$$

Чистовик

$$\Rightarrow N = \frac{\sqrt{(H+h)^2 + L^2} - \sqrt{(H-h)^2 + L^2}}{\lambda} = \frac{\sqrt{(0,05+0,001)^2 + 1^2} - \sqrt{(0,05-0,001)^2 + 1^2}}{0,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\approx \frac{\sqrt{(0,05+0,001)^2 + 1^2} - \sqrt{(0,05-0,001)^2 + 1^2}}{0,5 \cdot 10^{-6}} =$$

$$0,051^2 \approx 2601 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \text{Ответ: } N = \frac{\sqrt{(0,05+0,001)^2 + 1^2} - \sqrt{(0,05-0,001)^2 + 1^2}}{0,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$0,049^2 \approx 2401 \cdot 10^{-6}$$

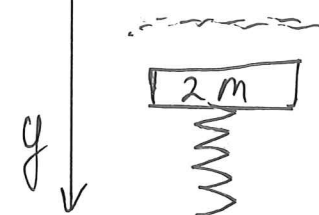
Чистовик

√1.1.1 (продолжение)

$$\sin \varphi_0 = -\frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_0 = \pi + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6}$$

$$y = A \cos(\omega t + \frac{7\pi}{6}) + \frac{2mg}{k}$$

уменьшение пружины отн. положения где пружина недеформирована.



т.к. y вниз вниз $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ максимальная высота, когда у пружины нет деформации $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos(\omega t + \frac{7\pi}{6}) = -1 \Rightarrow \cos(3\pi) = -1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega t + \frac{7\pi}{6} = 3\pi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{3\pi - \frac{7\pi}{6}}{\omega} = \frac{2\pi - \frac{\pi}{6}}{\omega} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{11\pi}{6\omega} = \frac{11\pi}{30} \text{ с}$$

Ответ: $T = \frac{11\pi}{30} \text{ с}$

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

Дата 07.08.2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Андрей' (Andrey), written in a cursive style.

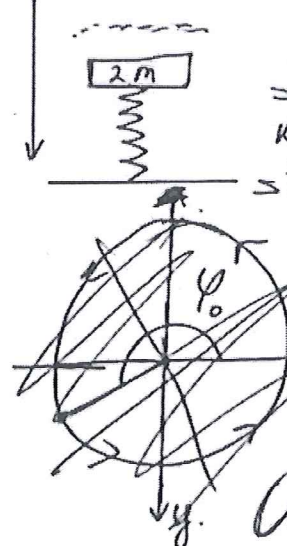
Вот сама ошибка, потеряна 2:

Найдём димитурей скорости, скорость будет максимальной, когда пружина будет растянута $\Rightarrow W = \frac{m v_{\max}^2}{2} = \frac{(mg)^2}{2k} + m u^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow W = \frac{m v_{\max}^2}{2} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{mg^2}{k} + 2u^2} \Rightarrow$

Но эти уравнения верны, ошибка только в верхнем и всё:

$\Rightarrow W = \frac{m v_{\max}^2}{2} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{mg^2}{k} + 2u^2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow A = \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{mg^2}{k} + 2u^2 \right)} \Rightarrow$
 $\Rightarrow A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{g^2}{2} + 2u^2 \right)} \Rightarrow$
 $\Rightarrow A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh}$ — димитурей
 последний $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ найдём начальную фазу — φ_0 :
 $u = -A \sin \varphi_0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = -\frac{u}{A} = -\frac{u}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh}}$
 $\sin \varphi_0 = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2gh}{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{2} + gh}}$ как видно шире отрицательный

Как и эти, написанные на последних страницах работы

$\sin \varphi_0 = -\frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_0 = \pi + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6}$
 $x = A \cos(\omega t + \frac{7\pi}{6}) + \frac{2mg}{k}$ — упрощение пружины от пружины
 по длине где пружина не деформирована.

 т.к. а у всё ввёл ввёл $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ максимальная высота, когда у минимальна $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \cos(\omega t + \frac{7\pi}{6}) = -1 \Rightarrow$
 $\cos(3\pi) = -1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \omega t + \frac{7\pi}{6} = 3\pi \Rightarrow$
 $\Rightarrow T = \frac{3\pi - \frac{7\pi}{6}}{\omega} = \frac{\pi}{\omega} \Rightarrow$
 $\Rightarrow T = \frac{11\pi}{6\omega} = \frac{11\pi}{30} \text{ c}$
 Ответ: $T = \frac{11\pi}{30} \text{ c}$

Вот здесь я и не написал 2, но это решение, если бы я её не забыл:

$$\frac{2m v_{max}^2}{2} = \frac{mg^2}{2k} + mU^2 \Rightarrow v_{max} = A\omega = \sqrt{\frac{mg^2}{2k} + U^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{mg^2}{2k} + U^2 \right)} = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2mg^2}{4k} + U^2} \quad \text{---}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{g^2}{4\omega^2} + U^2} = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{g^2}{4\omega^2} + \frac{gh}{2}} \quad \text{--- димензия каледатий} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = -A\omega \sin \varphi_0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = -\frac{U}{A\omega} = -\frac{U}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{4} + \frac{gh}{2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \varphi_0 = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2} \frac{g^2}{4} + \frac{gh}{2}}} = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,2}}{\sqrt{\frac{10^2}{25 \cdot 4} + \frac{10 \cdot 0,2}{2}}} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{4}{1+1}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \varphi_0 = -\frac{\sqrt{2}}{2}. \text{ Все эти вычисления}$$

сдвинул у меня в работе, но в самом начале я допустил ошибку в ЗС 7, а именно забыл коэффициент 2 у массы, ведь движение идёт шарика к массе и доски массы m . На самой последней странице записано уравнение: $\cos(\omega t + \frac{7\pi}{6}) = -1$, то

$$\text{есть } \cos(\omega t + \arcsin \varphi_0) = -1 \Rightarrow \cos(\omega t + \frac{5\pi}{4}) = -1$$

$$t = \frac{3\pi - \frac{7\pi}{6}}{\omega} \quad \text{--- записано в продолжении задачи на последней странице} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{3\pi - \arcsin \varphi_0}{\omega} = \frac{3\pi - \frac{5\pi}{4}}{\omega} = \frac{7\pi}{4\omega}$$

Как видите ответ полностью сходится с авторским, а также записаны все необходимые уравнения для решения задачи, но была допущена ошибка в коэффициенте ~~100~~ в самом начале, поэтому я считаю, что должно быть 19 баллов за эту задачу.

Оценки не
исчислять
Реш

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю «Физика» Гарибмамадова Амира
Сабировича

Апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 86 баллов, поскольку считаю, что за первую задачу у меня должно быть 19 баллов, потому что в решении написаны все ключевые уравнения, позволяющие правильно решить задачу, допущена лишь ошибка в записи закона сохранения энергии массы системы «Шарик + доска». Прикрепляю фотографию, подтверждающую справедливость выше написанных слов, а также доказательство того, что уравнения написанные мною правильны, а ошибка лишь в этом коэффициенте, в коэффициенте 2 перед m . Фотография представлена на следующем листе данного файла. Там показано, что ошибка лишь в коэффициенте. Ответ на данную задачу совпадает с авторским при решении с уравнениями написанными в моем решении. Также, возможно, при проверке вы не увидели, я писал продолжение решения данной задачи на последнем листе (или предпоследнем, из-за отсутствия нумерации не могу точно сказать). Таким образом, я считаю, что должно быть 19 баллов за задачу. Недовольно за всю работу должно быть 90 баллов.